



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 165 996** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁷ **C 22 C 21/10**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99120980/02, 05.10.1999

(24) Effective date for property rights: 05.10.1999

(43) Application published: 27.04.2001

(46) Date of publication: 27.04.2001

(98) Mail address:
107005, Moskva, ul. Radio, 17, VIAM,
general'nomu direktoru Kablovu E.N.

(71) Applicant:
Gosudarstvennoe predpriyatie "Vserossijskij
nauchno-issledovatel'skij institut
aviatsionnykh materialov"

(72) Inventor: Fridljander I.N.,
Senatorova O.G., Tkachenko E.A., Kablov E.N.

(73) Proprietor:
Gosudarstvennoe predpriyatie "Vserossijskij
nauchno-issledovatel'skij institut
aviatsionnykh materialov"

(54) **HIGHLY STRONG ALUMINIUM-BASED ALLOY AND PRODUCT THEREOF**

(57) Abstract:

FIELD: construction materials in
aviacoustic engineering and transport
vehicles. SUBSTANCE: highly strong
Al-Zn-Mg-Cu-based alloy comprises, wt.%;
zinc, 5.0-7.0; magnesium, 1.8-2.8; copper,
1.4- 2.0; chromium, 0.1-0.25 iron,
0.05-0.25; titanium, 0.005-0.07; silicon,
0.02-0.1; manganese, 0.2-0.6; and the

balance, manganese to chromium ratio being
more or equal to 1.3. Iron to silicon ratio
is more or equal to 1.5. EFFECT: improved
technological characteristics of alloy
during casting, cracking resistance,
plasticity, corrosion resistance and desired
level of strength for all types of
semiproductions. 4 cl, 1 ex, 2 tbl



(19) **RU** (11) **2 165 996** (13) **C1**
(51) МПК⁷ **C 22 C 21/10**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 99120980/02, 05.10.1999

(24) Дата начала действия патента: 05.10.1999

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2001

(46) Дата публикации: 27.04.2001

(56) Ссылки: Отраслевой стандарт ОСТ1 90026-80
"СПЛАВЫ АЛЮМИНИЕВЫЕ
ДЕФОРМИРУЕМЫЕ ПОВЫШЕННОЙ ЧИСТОТЫ.
МАРКИ". - М., 1950, с.2. RU 2122041 C1,
24.09.1999. RU 2044098 C1, 20.09.1995. US
4863528 A, 05.09.1989. JP 04013836 A,
17.01.1992.

(98) Адрес для переписки:
107005, Москва, ул. Радио, 17, ВИАМ,
генеральному директору Каблову Е.Н.

(71) Заявитель:

Государственное предприятие "Всероссийский
научно-исследовательский институт
авиационных материалов"

(72) Изобретатель: Фридляндер И.Н.,
Сенаторова О.Г., Ткаченко Е.А., Каблов Е.Н.

(73) Патентообладатель:

Государственное предприятие "Всероссийский
научно-исследовательский институт
авиационных материалов"

(54) **ВЫСОКОПРОЧНЫЙ СПЛАВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И ИЗДЕЛИЕ, ВЫПОЛНЕННОЕ ИЗ НЕГО**

(57) Реферат:

Изобретение относится к сплавам на
основе системы Al-Zn-Mg-Cu,
предназначенным для применения в качестве
основного конструкционного материала в
авиакосмической технике и транспортных
средствах. Технической задачей изобретения
является создание сплава с повышенными
характеристиками технологичности при литье,
трещиностойкости, пластичности,
коррозионной стойкости, при высоком уровне
прочности, необходимом для силовых
элементов широкого назначения из всех видов

полуфабрикатов. Для решения поставленной
задачи высокопрочный сплав системы
Al-Zn-Mg-Cu содержит следующие
компоненты, мас. %: цинк 5,0-7,0, магний
1,8-2,8, медь 1,4-2,0, хром 0,1-0,25, железо
0,05-0,25, титан 0,005-0,07, кремний
0,02-0,1, марганец 0,2-0,6, алюминий -
основа, при этом отношение марганца к хрому
более или равно 1,5. Возможно также
соблюдение соотношения содержания между
железом и кремнием - более или равно 1,5. 2
с. и 1 з.п. ф-лы. 2 табл.

Изобретение относится к области цветной металлургии сплавов на основе алюминия, в частности высокопрочных сплавов системы Al-Zn-Mg-Cu, используемых в качестве основного конструкционного материала в авиакосмической технике, а также в транспортном машиностроении.

Известен высокопрочный алюминиевый сплав на основе системы Al-Zn-Mg-Cu, который имеет следующий химический состав, мас.% [1]:

Цинк - 6,5-7,3
Магний - 1,6-2,2
Медь - 0,8 -1,2
Железо - 0,2-0,4
Алюминий - основа

Недостатком этого сплава является сравнительно невысокий уровень прочности и вязкости разрушения. Сплав предназначен преимущественно для деталей внутреннего силового набора (шпангоуты, фитинги и др.) из массивных кованных полуфабрикатов, что ограничивает его применение в изделиях.

Наиболее близким аналогом, взятым за прототип, является высокопрочный сплав на основе алюминия системы Al-Zn-Mg-Cu, имеющий следующий химический состав, мас.% [2, 3]:

Цинк - 5,2-6,2
Магний - 1,9-2,5
Медь - 1,2-1,9
Хром - 0,18-0,25
Железо - $\leq 0,12$
Титан - $\leq 0,06$
Кремний - $\leq 0,10$
Марганец - $\leq 0,06$
Алюминий - основа

Недостатки этого сплава заключаются в следующем:

- пониженные литейные свойства, что может приводить к образованию трещин в крупных слитках при охлаждении их поверхности водой в процессе непрерывного литья;

- повышенная склонность к появлению в структуре грубых включений первичных хромосодержащих интерметаллидов, снижающих характеристики трещиностойкости и пластичности;

- пониженная коррозионная стойкость в состоянии максимального упрочнения;

- недостаточно высокая прочность.

Сплав имеет узкое назначение - катаные полуфабрикаты (листы, плиты) для деталей типа обшивок, что ограничивает объем его использования в изделиях.

Технической задачей настоящего изобретения является создание сплава с повышенными характеристиками технологичности при литье, трещиностойкости, пластичности, коррозионной стойкости при высоком уровне прочности, необходимом для силовых элементов широкого назначения из всех видов полуфабрикатов для изделий авиакосмической техники и транспортного машиностроения.

Для достижения поставленной технической задачи предложенный высокопрочный сплав на основе системы Al-Zn-Mg-Cu дополнительно содержит марганец при следующем соотношении компонентов, мас.%:

Цинк - 5,0-7,0
Магний - 1,8-2,8
Медь - 1,4-2,0

Хром - 0,1-0,25
Железо - 0,05-0,25
Титан - 0,005-0,07
Кремний - 0,02-0,1
Марганец - 0,2-0,6

Алюминий - основа

при этом отношение марганца к хрому более или равно 1,5.

Кроме того, должно соблюдаться соотношение между железом и кремнием - более или равно 1,5.

Дополнительное введение Mn - второго переходного элемента - антирекристаллизатора в регламентированном соотношении с Cr (при уменьшении нижнего предела содержания Cr), обеспечивает многостороннее положительное влияние на структуру и свойства предлагаемого сплава при производстве из него различных полуфабрикатов и эксплуатации изделий:

- предотвращение снижения трещиностойкости и пластичности в результате исключения появления вредных грубых включений первичных хромосодержащих интерметаллидов кристаллизационного происхождения, особенно при оптимальных концентрациях Mn и Cr (0,25-0,4% Mn; 0,1-0,16% Cr);

- повышение коррозионных свойств (сопротивления расслаивающей коррозии) в состоянии максимального упрочнения при фазовом старении в результате формирования мелкозернистой, тонковолокнистой и нерекристаллизованной структуры;

- повышение прочности за счет усиления эффекта субструктурного упрочнения, а также твердорастворного механизма.

Поддержание в сплаве небольшой концентрации железа в качестве легирующего элемента при жестком ограничении кремния и регламентации модифицирующей добавки титана позволяет:

- улучшить литейные свойства и возможность отливки крупных слитков в результате уменьшения склонности к горячеломкости;

- повысить характеристики трещиностойкости и пластичности за счет уменьшения доли, более равномерного распределения и утонения первичных интерметаллидов, а также измельчения зерна и антирекристаллизационного действия.

Примеры осуществления

Из сплавов, химический состав которых приведен в табл. 1, отливали полунепрерывным методом с охлаждением водой слитки диаметром 110 мм. Плавка выполнялась в электрической печи. После гомогенизации при температуре 460°C 24 ч слитки прессовали при 390 - 410°C на полосы сечением 12 x 75 мм. Часть полос нагревали до температуры 380 - 400°C и прокатывали на листы толщиной 6 мм. Заготовки из прессованных полос и горячекатаных листов закаливали с температуры 470°C (выдержка 50 мин) в холодной (20 - 25°C) воде. Спустя 3 - 4 ч после закалки заготовки подвергали искусственному старению на максимальную прочность по режиму 120°C, 24 ч.

Комплекс механических и коррозионных свойств изучали на образцах, вырезанных из полос и листов.

Механические свойства при растяжении (предел прочности и относительное сужение) определяли на круглых образцах с диаметром рабочей части 5 мм.

Трещиностойкость оценивали по удельной работе разрушения при ударном изгибе образца с усталостной трещиной (КСТ) в соответствии с ГОСТ 9454.

Коррозионную стойкость определяли по сопротивлению расслаивающей коррозии плоских продольных образцов по десятибалльной системе согласно ГОСТ 9.904 после выдержки в растворе HCl (135 г/л) + K₂Cr₂O₇ (20 г/л).

Горячеломкость сплавов оценивали по кольцевой технологической пробе (внешний диаметр кольца 60 мм, внутренний - 46 мм, высота - 20 мм). Показателем горячеломкости служило выраженное в процентах отношение основной трещины к периметру радиального сечения кольца, отлитого в стальную форму. Температура литья была 690°C.

Как свидетельствуют полученные и представленные в табл. 2 результаты, сплав предложенного состава позволил заметно улучшить технологичность при литье, повысить на ~ 20% показатели трещиностойкости, пластичности, коррозионной стойкости при обеспечении высокого уровня прочности.

Предложенный высокопрочный сплав позволяет повысить надежность, ресурс, весовую эффективность эксплуатации изделий. Сплав рекомендуется для производства всех видов полуфабрикатов: катаных (листы, плиты) и прессованных (панели, профили и др.), включая длинномерные из крупных слитков, а также кованые (штамповки, поковки) толщиной до 100 мм. Это дает возможность расширить номенклатуру используемых полуфабрикатов в изделиях, повысить экономичность технологических процессов производства полуфабрикатов и деталей.

Сплав предназначен в качестве конструкционного материала для основных силовых элементов планера самолетов

(обшивок, стрингеров, внутреннего набора и т.д.) и других изделий.

Литература

1. Промышленные алюминиевые сплавы. Справочное руководство. Под ред. И. Ф. Фридляндера и Ф.И. Квасова.- М.: Металлургия, 1984, ст. 124

2. Патент США, N -3, 791, 880, 12.02.1974.

3. Aluminum Standards and Data. The Aluminum Association, Washington, 1997, p.6-6.

Формула изобретения:

1. Высокопрочный сплав на основе алюминия системы Al-Zn-Mg-Cu, содержащий цинк, магний, медь, хром, железо, титан, кремний, отличающийся тем, что сплав дополнительно содержит марганец, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Цинк - 5,0 - 7,0

Магний - 1,8 - 2,8

Медь - 1,4 - 2,0

Хром - 0,1 - 0,25

Железо - 0,05 - 0,25

Титан - 0,005 - 0,07

Кремний - 0,02 - 0,1

Марганец - 0,2 - 0,6

Алюминий - Основа

при этом отношение марганца к хрому более или равно 1,5.

2. Высокопрочный сплав на основе алюминия по п.1, отличающийся тем, что отношение содержания железа к кремнию должно быть более или равно 1,5.

3. Изделие, выполненное из высокопрочного сплава на основе алюминия, отличающееся тем, что оно выполнено из сплава следующего химического состава, мас. %:

Цинк - 5,0 - 7,0

Магний - 1,8 - 2,8

Медь - 1,4 - 2,0

Хром - 0,1 - 0,25

Железо - 0,05 - 0,25

Титан - 0,005 - 0,07

Кремний - 0,02 - 0,1

Марганец - 0,2 - 0,6

Алюминий - Основа

при этом отношение марганца к хрому более или равно 1,5.

Таблица 1

Химический состав опробованных композиций заявленного и известного сплавов

№ сплавов	Zn	Mg	Cu	Cr	Mn	Fe	Si	Ti	Al
1	6,1	2,4	1,6	0,25	0,02	0,12	0,10	0,02	основа
2	5,0	1,8	1,4	0,1	0,2	0,05	0,02	0,005	основа
3	6,0	2,3	1,7	0,17	0,4	0,15	0,06	0,03	основа
4	7,0	2,8	2,0	0,25	0,6	0,25	0,10	0,07	основа
5	6,2	2,4	1,5	0,15	0,23	0,14	0,06	0,04	основа
6	5,8	2,3	1,6	0,24	0,39	0,13	0,05	0,04	основа
7	5,7	2,2	1,8	0,15	0,35	0,12	0,08	0,03	основа
8	5,2	2,0	1,4	0,15	0,46	0,08	0,05	0,05	основа
Примечание: сплавы №1 – прототип; №2-8 – заявляемые									

Таблица 2

Свойства известных и заявленных сплавов.

№№ сплавов	$\sigma_{\text{в}}$ МПа	ψ , %	КСТ, Дж/см ²	РСК, балл	Горячеломкость, %
1	535	17	5,4	9	55
2	540	22	7,4	7	47
3	565	21	7,0	6	45
4	590	20	6,8	6	45
5	555	22	7,2	7	40
6	570	20	7,1	6	45
7	560	21	7,2	6	46
8	550	22	7,4	5	48
Примечание: сплавы № 1 - прототип; № 2-8 - заявляемые					

(54) HIGH-STRENGTH ALUMINUM-BASED ALLOY
AND A PRODUCT MADE THEREOF

The invention relates to alloys on the basis of the Al-Zn-Mg-Cu system intended as a basic constructional material in aerospace engineering and transport vehicles. The technical task of the invention is the creation of an alloy with the increased characteristics of the technological effectiveness during casting, cracking resistance, plasticity, corrosion resistance, at a high level of strength required for a wide purpose for all types of semiproducts. For the solution of the assigned task the high-strength alloy on the basis of the Al-Zn-Mg-Cu system contains the following components, wt. %: zinc – 5.0 - 7.0; magnesium – 1.8 - 2.8; copper – 1.4 - 2.0; chromium – 0.1 - 0.25; iron – 0.05 - 0.25; titanium – 0.005 - 0.07; silicon – 0.02 - 0.1; manganese – 0.2 - 0.6; aluminum – the base, manganese to chromium ratio being more or equal to 1.5. It is also possible the observance of the iron and silicon contents ratio – more or equal to 1.5.

2 independent and 1 dependent claims; 2 Tables.

SPECIFICATION OF THE INVENTION

The invention relates to the field of non-ferrous metallurgy of alloys on the basis of aluminum, in particular to high-strength alloys of the Al-Zn-Mg-Cu system used as a basic constructional material in aerospace engineering and, as well, in transport mechanical engineering.

A high-strength alloy on the basis of the Al-Zn-Mg-Cu system is known which alloy has the following chemical composition, wt. % [1]:

Zinc	– 6.5 – 7.3
Magnesium	– 1.6 – 2.2
Copper	– 0.8 – 1.2
Iron	– 0.2 – 0.4

Aluminum – the base.

The disadvantage of this alloy is a relatively low strength and crack resistance. The alloy is intended, mainly, for parts of an inner power set (frames, fittings and etc.) out of massive forged semiproducts, what limits the use thereof in articles.

The closest analog, taken as the prototype, is a high-strength alloy on the basis of aluminum of the system Al-Zn-Mg-Cu having the following chemical composition, wt. % [2, 3]:

Zinc	– 5.2 – 6.2
Magnesium	– 1.9 – 2.5
Copper	– 1.2 – 1.9
Chromium	– 0.18 – 0.25
Iron	– \leq 0.12
Titanium	– \leq 0.06
Silicon	– \leq 0.10
Manganese	– \leq 0.06
Aluminum	– the base.

Disadvantages of this alloy consist in the following:

- decreased casting properties, what can lead to the formation of cracks in large ingots during cooling the surface thereof with water in the process of continuous casting;
- increased tendency to the appearance of rough inclusions in the structure of original chromium-containing intermetallic compounds reducing the characteristics of crack growth resistance and plasticity;
- decreased corrosion resistance in the condition of maximum strengthening;
- insufficiently high strength.

The alloy has a narrow purpose – rolled semiproducts (sheets, plates) for parts of the skin type, what limits the volume of the use thereof in articles.

The technical task of the present invention is the creation of an alloy with increased characteristics of technological effectiveness during casting, crack growth resistance, plasticity, corrosion resistance at a high level of strength necessary for power elements of a wide purpose for all types of semiproducts for parts of aerospace engineering and transportation equipment.

To obtain the set technical task the proposed high-strength alloy on the basis of the Al-Zn-Mg-Cu system contains additionally manganese with the following ratio of the components, wt. %:

Zinc	– 5.0 – 7.0
Magnesium	– 1.8 – 2.8
Copper	– 1.4 – 2.0
Chromium	– 0.1 – 0.25
Iron	– 0.05 – 0.25
Titanium	– 0.005 – 0.07
Silicon	– 0.02 – 0.1
Manganese	– 0.2 – 0.06
Aluminum	– the base,

the ratio of manganese to chromium being more or equal to 1.5.

Besides that, the ratio between iron and silicon should be observed – it should be more or equal to 1.5.

The additional introduction of Mn – the second transition element - the anti-recrystallizer at a regulated ratio with Cr (at the reduction of the lower limit of the content of Cr), provides multiple positive influence on the structure and to properties of the proposed alloy during the production of various semiproducts and operation of parts made out it:

- prevention of the reduction of the crack growth resistance and plasticity as the result of excluding the appearance of harmful rough inclusions of primary

chromium-containing intermetallides of the crystallizing origin, especially at optimum concentrations of Mn and Cr (Mn – 0.25 - 0.4 %; Cr – 0.1 - 0.16 %);

- increase of corrosion properties (resistance to layer corrosion) in the condition of maximum strengthening at phase aging as the result of forming a fine-grain fine-fibered and non-crystallized structure;
- increase of the strength at the cost of the amplification of the effect of the substructural strengthening, as well as the solid-soluble mechanism.

The upkeep of a moderate concentration of iron in the alloy as an alloying element at a hard constraint of silicon and regulation of a modifying addition of titanium permits:

- to improve casting properties and the possibility of casting large ingots as the result of the reduction of tendency to hot brittleness;
- to increase characteristics of crack growth resistance and plasticity at the expense of decreasing the part of more uniform distribution and thinning original intermetallides, as well as crushing grains and anti-recrystallizing action.

Examples of the embodiment

Ingots having the diameter of 110 mm have been cast by the semicontinuous method with water cooling from the alloys, the chemical composition of which ingots is given in Table 1. The casting has been carried out in an electric furnace. After homogenization at the temperature of 460°C for 24 hours the ingots were pressed at a temperature of 390 - 410°C into bands with the cross-section of 12 x 75 mm. A part of the bands were heated to a temperature of 380 - 400°C and rolled into sheets of 6 mm thickness. The blanks of pressed bands and hot-rolled sheets were tempered (time of exposure – 50 min) in cold (20 - 25°C) water. 3 - 4 hours after the tempering, the blanks were subjected to artificial aging for maximum strength, according to regime - 120°C, 24 hours.

The complex of mechanical and corrosion properties was studied on the samples cut from the bands and mechanical properties in tension (the tensile strength and contraction ratio) were determined on round samples with the diameter of the working part of 5 mm.

The crack growth resistance was evaluated according to the specific rupture work at bending impact of the sample with the fatigue crack (KCT) in accordance with GOST 9454.

The corrosion resistance has been determined according to resistance to the layer corrosion of flat longitudinal samples according to ten-point system in accordance with GOST 9.904 after the exposure in the solution of HCl (135 g/l) + K₂Cr₂O₇ (20 g/l)

Hot brittleness of alloys has been evaluated by an annular technological test (the outer diameter of the ring – 60 mm, the inner diameter of the ring – 46 mm, the height – 20 mm). The hot brittleness index was the ratio of the main crack to the perimeter of ring radial section cast in a steel form expressed in percents. The temperature of the casting was 690°C.

As attest the obtained results given in Table 2, the alloy of the proposed composition has permitted substantially to improve technological effectiveness of casting, to increase on approximately 20 % the indices of crack growth resistance, plasticity, corrosion resistance by providing the high level of strength.

The proposed high-strength alloy permits to improve reliability, resource, weight operating efficiency of products. The alloy is recommended for the production of all types of semiproducts: rolled products (sheets, plates) and pressware (panels, structural stock and others), including long-length products out of large ingots, as well as forged products (forgings, forged pieces) up to 100 mm in thickness. This permits to broaden nomenclature of used semiproducts in parts, to increase the efficiency of technological processes of the production semiproducts and parts.

The alloy is intended for as a constructional material for basic power units of air-

frames (skins, stringers, internal units and etc.) and other parts.

Literature

1. Industrial aluminum alloys. Reference Manual. Edited by I.F. Fridlijander and F.I. Kvasov. – Moscow, "Metallurgiya" Publishing House, 1984, page 124.
2. United States Patent, No. 3, 791, 880 published February 12, 1984
3. Aluminum Standards and Data. The Aluminum Association, Washington, 1997, page 6-6.

CLAIMS

1. A high-strength alloy on the basis of the aluminum system Al-Zn-Mg-Cu comprising zinc, magnesium, chromium, iron, titanium, silicon, characterised in that the alloy contains additionally manganese at the following ratio of components, in wt. %:

Zinc	– 5.0 – 7.0
Magnesium	– 1.8 – 2.8
Copper	– 1.4 – 2.0
Chromium	– 0.1 – 0.25
Iron	– 0.05 – 0.25
Titanium	– 0.005 – 0.07
Silicon	– 0.02 – 0.1
Manganese	– 0.2 – 0.06
Aluminum	– the base,

the ratio of manganese to chromium being more or equal to 1.5.

2. A high-strength alloy on the basis of aluminum according to claim 1, characterised in that the ratio of the content of iron to silicon has to be more or equal to 1.5.

3. A product made of a high-strength alloy on the basis of aluminum, characterised in that it is made of an alloy of the following chemical composition, in wt. %:

Zinc	– 5.0 – 7.0
------	-------------

Magnesium – 1.8 – 2.8
 Copper – 1.4 – 2.0
 Chromium – 0.1 – 0.25
 Iron – 0.05 – 0.25
 Titanium – 0.005 – 0.07
 Silicon – 0.02 – 0.1
 Manganese – 0.2 – 0.06
 Aluminum – the base,

the ratio of manganese to chromium being more or equal to 1.5.

FIGURES

FIG. 1, FIG 2

Table 1

Chemical contents of tested compositions of the claimed and known alloys

Nos. of alloys	Zn	Mg	Cu	Cr	Mn	Fe	Si	Ti	Al
1	6.1	2.4	1.6	0.25	0.02	0.12	0.10	0.02	base
2	5.0	1.8	1.4	0.1	0.2	0.05	0.02	0.005	base
3	6.0	2.3	1.7	0.17	0.4	0.15	0.06	0.03	base
4	7.0	2.8	2.0	0.25	0.6	0.25	0.10	0.07	base
5	6.2	2.4	1.5	0.15	0.23	0.14	0.06	0.04	base
6	5.8	2.3	1.6	0.24	0.39	0.13	0.05	0.04	base
7	5.7	2.2	1.8	0.15	0.35	0.12	0.08	0.03	base
8	5.2	2.0	1.4	0.15	0.46	0.08	0.05	0.05	base

Note: alloy No. 1 – the prototype

alloys Nos. 2 – 8 – the claimed alloys.

Table 2

Properties of the claimed and known alloys

Nos. of alloys	σ_B MPa	ψ , %	KCT J / cm^2	PCK Point	Hot brittleness %
1	535	17	5.4	9	55
2	540	22	7.4	7	47
3	565	21	7.0	6	45
4	590	20	6.8	6	45
5	555	22	7.2	7	40
6	570	20	7.1	6	45
7	560	21	7.2	6	46
8	550	22	7.4	5	48

Note: alloy No. 1 – the prototype

alloys Nos. 2 – 8 – the claimed alloys.